

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Нанопотоника М2.ДВ.5

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Харинцев С.С.

Рецензент(ы):

Камалова Д.И.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Салахов М. Х.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 652014

Казань

2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Харинцев С.С. Кафедра оптики и нанопотоники Отделение физики, Sergey.Kharintsev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины М2.ДВ5 "Нанопотоника" являются получение углубленных знаний о последних достижениях в области нанопотоники, в частности знакомство с основными понятиями ближнеполевой оптической спектроскопии и микроскопии

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.5 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Дисциплина М2.ДВ6 "Нанопотоника" является базовой частью программы для магистратуры по направлению 510402 "Физика атомов и молекул" (блок М2).

Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке студентов по высшей математике и общей физике (разделы: "Молекулярная физика", "Электричество", "Оптика", "Атомная физика").

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-3	способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ПК-1 (профессиональные компетенции)	использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
ПК-5 (профессиональные компетенции)	научно-инновационная деятельность: способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- механизм преодоления дифракционного предела;

- условия возбуждения поверхностных плазмонов;
- основные экспериментальные схемы ближнеполевых измерений;

2. должен уметь:

- вычислять распределение электромагнитного поля вблизи наноразмерных металлических структур с помощью моделей: мультиполь-мультипольного взаимодействия и конечных разностей во временной области;
- выполнять оценку усиления электромагнитного поля вблизи безапертурных металлических зондов
- интерпретировать Раман спектры и изображения, усиленные металлическим зондом

3. должен владеть:

- навыками системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;
- навыками работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой; проведения физического эксперимента.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- самостоятельно решать задачи по вычислению электромагнитных полей в ближней зоне
- определять условия пространственного синхронизма для возбуждения поверхностных плазмонов-поляритонов
- проводить экспериментальное наблюдение плазмонов и демонстрировать эффекты усиления оптических полей с помощью плазмонных наноантенн
- создавать конусные оптические наноантенны методом электрохимического травления

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в ближнеполевую оптику. Спектроскопия одной молекулы.	1	1	1	2	0	дискуссия

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Неизлучающие источники и нераспространяющиеся поля. Неизлучательная диффракция. Ближнее поле.	1	2	1	2	0	дискуссия
3.	Тема 3. Эванесцентная оптика. Формулы Френеля.	1	3	1	1	0	дискуссия
4.	Тема 4. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.	1	4	1	2	0	дискуссия
5.	Тема 5. Безапертурные оптические зонды. Электрохимическое травления металлических зондов.	1	5	1	1	0	творческое задание
6.	Тема 6. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.	1	6	2	2	0	научный доклад
7.	Тема 7. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.	1	7	2	1	0	презентация

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
8.	Тема 8. Ближнеполюсная Раман спектроскопия. Углеродные нанотрубки. Фуллерены. Тонкие композитные пленки.	1	8	1	1	0	дискуссия
9.	Тема 9. Ближнеполевые нелинейные оптические процессы (КАРС, генерация второй гармоники и др.)	1	9	1	1	0	дискуссия
10.	Тема 10. Спектроскопия гэп-мод. Субзондовое разрешение.	1	10	1	1	0	дискуссия
11.	Тема 11. Лазерные ловушки металлических наночастиц. Оптический пинцент.	1	11	1	1	0	дискуссия
12.	Тема 12. Ближнеполевая оптическая наноитография	1	12	1	1	0	дискуссия
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	экзамен
	Итого			14	16	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в ближнеполевую оптику. Спектроскопия одной молекулы.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Ближнее поле 2. От оптики к нанооптике 3. Визуализация, диагностика и манипулирование светом на наномасштабе

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач по определению структуры ближнего поля

Тема 2. Неизлучающие источники и нераспространяющиеся поля. Неизлучательная диффракция. Ближнее поле.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Неизлучающие источники 2. Условия пространственного синхронизма 3. Диффракция на субволновой апертуре

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач по диффракции на круглом отверстии с субволновым диаметром

Тема 3. Эванесцентная оптика. Формулы Френеля.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Полное внутреннее отражение света 2. Формулы Френеля и вывод формул для прошедшей волны при полном внутреннем отражении 3. Эффекты Гуи

практическое занятие (1 часа(ов)):

Решение задач по распространению волн в режиме полного внутреннего отражения

Тема 4. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Способы преодоления дифракционного предела Аббе 2. Методы получения субволнового разрешения.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач на распространению волн через субволновую апертуру

Тема 5. Безапертурные оптические зонды. Электрохимическое травления металлических зондов.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Оптическая наноантенна как новая парадигма в оптике 2. Типы оптических наноантенн 3. Методы создания наноантенн

практическое занятие (1 часа(ов)):

Создание оптических наноантенн электрохимическим методом

Тема 6. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

1. Плазмоны. 2. Распространение плазмонов на разных геометриях 3. Эффект усиления поля

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач по оценке эффекта усиления оптических сигналов

Тема 7. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

1. Методы расчета ближнего поля: 2. Конечные разности во временной области 3. Метод мультиполей 4. Метод углового представления полей

практическое занятие (1 часа(ов)):

Решение задач по расчету структуры ближнего поля методом конечных разностей во временной области

Тема 8. Ближнепольная Раман спектроскопия. Углеродные нанотрубки. Фуллерены. Тонкие композитные пленки.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Раман спектроскопия и микроскопия на примере углеродных одностенных нанотрубок и фуллеренов 2. TERS и CERS методы

практическое занятие (1 часа(ов)):

Экспериментальное наблюдение TERS сигнала

Тема 9. Ближнеполевые нелинейные оптические процессы (КАРС, генерация второй гармоники и др.)

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Нелинейные эффекты ближнего поля 2. Волновое смешение в ближней зоне 3. КАРС

практическое занятие (1 часа(ов)):

Решение задач по расчету нелинейных коэффициентов

Тема 10. Спектроскопия гзп-мод. Субзондовое разрешение.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Интерференция локализованных и делокализованных плазмонов 2. Субзондовое пространственное разрешение

практическое занятие (1 часа(ов)):

Решение задач по распространению плазмонов

Тема 11. Лазерные ловушки металлических наночастиц. Оптический пинцет.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Световое давление 2. Оптические силы в сильно-неоднородном лазерном поле 3. Оптический пинцет

практическое занятие (1 часа(ов)):

Решение задач по световому давлению

Тема 12. Ближнеполевая оптическая нанолитография

лекционное занятие (1 часа(ов)):

1. Принципы литографии 2. Методы литографии на основе эффектов ближнего поля

практическое занятие (1 часа(ов)):

Экспериментальная демонстрация нанолитографии на полимерных пленках

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение в ближнеполевую оптику. Спектроскопия одной молекулы.	1	1	подготовка к дискуссии	3	дискуссия
2.	Тема 2. Неизлучающие источники и нераспространяющиеся поля. Неизлучательная диффракция. Ближнее поле.	1	2	подготовка к дискуссии	3	дискуссия
3.	Тема 3. Эванесцентная оптика. Формулы Френеля.	1	3	подготовка к дискуссии	2	дискуссия
4.	Тема 4. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.	1	4	подготовка к дискуссии	2	дискуссия
5.	Тема 5. Безапертурные оптические зонды. Электрохимическое травления металлических зондов.	1	5	подготовка к творческому заданию	4	творческое задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.	1	6	подготовка к научному докладу	4	научный доклад
7.	Тема 7. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.	1	7	подготовка к презентации	4	презентация
8.	Тема 8. Ближнепольная Раман спектроскопия. Углеродные нанотрубки. Фуллерены. Тонкие композитные пленки.	1	8	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
9.	Тема 9. Ближнеполевые нелинейные оптические процессы (КАРС, генерация второй гармоники и др.)	1	9	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
10.	Тема 10. Спектроскопия гэп-мод. Субзондовое разрешение.	1	10	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
11.	Тема 11. Лазерные ловушки металлических наночастиц. Оптический пинцент.	1	11	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
12.	Тема 12. Ближнеполевая оптическая нанолитография	1	12	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
	Итого				42	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, семинарские занятия, самостоятельная работа

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение в ближнеполевую оптику. Спектроскопия одной молекулы.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение отличительных признаков физической оптики и нанооптика, возможность детектирования физических объектов на пределах дифракционного предела Задача ♦1 Выведите диадную функцию Грина проанализировать характер решения от расстояния между источником и точкой наблюдения. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 2. Неизлучающие источники и нераспространяющиеся поля. Неизлучательная диффракция. Ближнее поле.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение условий существования плоских волн с мнимыми волновыми числами, условия пространственного синхронизма и сфера Эвалда Задача ♦2 Покажите, что z-комплнента усредненного по времени вектора Пойтинга равна нулю для эвансцентного поля, распространяющегося вдоль границы раздела двух сред. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 3. Эванесцентная оптика. Формулы Френеля.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение распространение света при полном внутреннем отражении, вычисление вектора Пойтинга Задача ♦3 Вывести обобщенные уравнения Снелиуса для метаповерхности с сингулярными разрывами фазы. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 4. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение дифракции на субволновых апертурах, преодоление предела Аббе Задача ♦4 Получить выражение для продольной компоненты электрического поля в фокальной плоскости в предположении, что поле не расходится. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 5. Безапертурные оптические зонды. Электрохимическое травления металлических зондов.

творческое задание , примерные вопросы:

Изготовить конусные оптические антенны из вольфрама и золота Задача ♦5 Получить выражения для поперечных электрической и магнитной составляющих для плоской волны, распространяющейся вдоль планарного интерфейса. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 6. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.

научный доклад , примерные вопросы:

Подготовить доклады по методам усиления оптического поля с помощью плазмонных наноантенн Задача ♦6 Построить диаграмму распределения компонент электрического и магнитного полей в фокальной плоскости. Рассмотреть случаи сильной и слабой фокусировки. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 7. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.

презентация , примерные вопросы:

Подготовить презентации по теоретическим методам расчета электромагнитных полей в ближней зоне Задача ♦7 Вывести Фурье-спектр продольной компоненты поля. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 8. Ближнеполюсная Раман спектроскопия. Углеродные нанотрубки. Фуллерены. Тонкие композитные пленки.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение локально-усиленных Раман спектров на примере углеродных нанотрубок и фуллеренов Задача ♦8 Получить распределение электромагнитного поля в дальней зоне с помощью углового распределения спектра в предположении, что лазерный пучок является гауссовским. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 9. Ближнеполюсные нелинейные оптические процессы (КАРС, генерация второй гармоники и др.)

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение аспектов ближнего поля в нелинейных оптических процессах Задача ♦9 Вывести выражения радиально и азимутально поляризованного лазерного света ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 10. Спектроскопия гэг-мод. Субзондовое разрешение.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение интерференции локализованных и делокализованных плазмонов Задача ♦10 Провести аналитическое исследование возбуждения локализованного поверхностного плазмона в зависимости от диаметра золотой наночастицы. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 11. Лазерные ловушки металлических наночастиц. Оптический пинцет.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение давления света и использование эффекта ловушки для создания оптического пинцета Задача ♦11 Рассчитайте тензор напряжений Максвеллана сферической поверхности , охватывающей Рэлеевскую чпастичу, освещенную плоской волной. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 12. Ближнеполюсная оптическая наноитография

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение принципов наноитографии на основе ближнего поля Задача ♦12 Вывести коэффициент усиления оптического поля вблизи конической золотой наноантенны, используя формализм функции Грина. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме контрольных точек (КТ) и промежуточный контроль в форме экзамена.

Билет ♦1

1. Решение уравнений Максвелла для осциллирующего диполя при $kr \ll 1$
2. Ближнее поле и его свойства

Билет ♦2

1. Виды плазмонов и их характеристики
2. Продольные компоненты в фокальной области

Билет ♦3

1. Перенос энергии эвансцентной волной
2. Дисперсионное соотношение для поверхностного плазмона

Билет ♦4

1. Разрешенный и запрещенный свет
2. Угловое спектральное представление поля диполя

Билет ♦5

1. Коэффициенты пропускания и отражения Френеля для р и s поляризации.
2. Принцип конфокальной микроскопии

Билет ♦6

1. Механизмы генерации ближнего поля
2. Угловой спектр в дальней зоне

Билет ♦7

1. Субволновое пространственное разрешение в ближнеполевой оптической микроскопии
2. Оптические свойства благородных металлов. Модель Зоммерфельда-Друде. Межзонные переходы

Билет ♦8

1. Объемные, поверхностные и локализованные плазмоны
2. Методы усиления и локализации электромагнитного поля

Билет ♦9

1. Функция Грина электрического поля
2. Оптические антенны и их свойства

Билет ♦10

1. Лазерные моды высоких порядков
2. Безапертурные металлические зонды

Билет ♦11

1. SNOM-зонды
2. Рассеяние электромагнитной волны субволновой металлической сферой

Билет ♦12

1. Распространение поверхностных плазмонов вдоль границы раздела двух сред
2. Параксиальное приближение для оптических полей

Билет ♦13

1. Сильная фокусировка оптических полей
2. Метод конечных разностей во временной области

Билет ♦14

1. Усиленное поверхностью комбинационное рассеяние
2. Усиление и тушение флуоресценции в наноразмерном окружении

Билет ♦15

1. Усиленное зондом комбинационное рассеяние
2. Диаграмма направленности ближнего поля

7.1. Основная литература:

Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения: [учебное пособие : в 2 томах] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. ? Долгопрудный: Интеллект, 2012 .

Т. 1 .? 2012 .? 759 с., [4] л. ил.

Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения: [учебное пособие: в 2 томах] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. ? Долгопрудный: Интеллект, 2012 .

Т. 2 .? 2012 .? 780 с.: ил.

Новотный, Л. Основы нанооптики: перевод с английского / Л. Новотный, Б. Хехт; Пер. с англ. А. А. Коновко, О. А. Шутовой; Под ред. В. В. Самарцева. ? М.: Физматлит, 2009 .? 484 с.: ил.

7.2. Дополнительная литература:

Климов, В. В. Наноплазмоника / В. В. Климов. ? Издание 2-е, исправленное. ? М.: Физматлит, 2010 .? 480 с. : ил., цв. ил. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2204

Гаврилов А.В. и др. Дифракционная нанопотоника / [Гаврилов А. В., Головашкин Д. Л., Досколович Л. Л. и др.]; под ред. В. А. Сойфер. ? М.: Физматлит, 2011 .? 679 с.: ил. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5296

7.3. Интернет-ресурсы:

Введение в нанооптику -

http://www.iap.uni-jena.de/iapmedia/de/Lecture/Introduction+to+Nanooptics1383174000/INO13_lecture_01

Квантовая оптика и нанооптика -

http://esonn.fr/0oldweb/esonn2010/xlectures/ESONN2010_NanoOptics_Lecture_BARTH.pdf

Нанооптика - <http://www.optics.rochester.edu/workgroups/novotny/>

Нанотехнологическое сообщество - <http://www.nanometer.ru/>

Плазмоника - <http://www.omel.ethz.ch/education/Plasmonics/Text/PLASMONICS>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Нанопотоника" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

лаборатория "Нанооптика"

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.68 "Физика" и магистерской программе Теоретическая и математическая физика .

Автор(ы):

Харинцев С.С. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Камалова Д.И. _____

"__" _____ 201__ г.